

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

2.1.1 Jalan

Terdapat berbagai macam definisi dari jalan itu sendiri, mulai dari para ahli yang berkompeten di bidangnya, maupun definisi menurut regulasi atau peraturan-peraturan pemerintah yang telah disepakati oleh berbagai para ahli dan tokoh-tokoh yang berperan penting dalam bidang konstruksi. Di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan pasal 1 ayat 5 bahwa penyelenggaraan jalan yang meliputi pengaturan, pembinaan, pembangunan, dan pengawasan jalan. Dari pasal tersebut dapat dijelaskan bahwa semua aturan mengenai penyelenggaraan jalan sudah diatur menurut perundang-undangan.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan air, serta di atas permukaan air kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

2.1.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan adalah pengelompokan jalan berdasarkan suatu fungsi/kegunaan jalan, administrasi pemerintahan, muatan sumbu yang menyangkut tentang dimensi suatu kendaraan, serta berat kendaraan. Tujuan pengelompokan jalan adalah supaya lebih mudah untuk dipahami berdasarkan poin dari klasifikasi tersebut.

Menurut peraturan Bina Marga 1997, klasifikasi jalan dikelompokkan menjadi 4 bagian, yaitu klasifikasi menurut fungsi jalan, klasifikasi menurut kelas

jalan, klasifikasi menurut medan jalan, dan klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan.

2.1.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan terbagi menjadi 3 golongan, yaitu:

- 1) Jalan arteri, yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- 2) Jalan kolektor, yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- 3) Jalan lokal, yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Menurut Saodang (2010) bahwa klasifikasi jalan menurut fungsi terbagi menjadi 2 jaringan, yaitu jaringan jalan primer dan jaringan jalan sekunder. Masing-masing dari jaringan tersebut terbagi lagi menjadi jalan arteri primer, jalan kolektor primer, jalan lokal primer untuk jaringan jalan primer serta jalan arteri sekunder, jalan kolektor sekunder, jalan lokal sekunder untuk jaringan jalan sekunder.

Penjelasan klasifikasi menurut ahli di atas bahwa klasifikasi jalan menurut fungsi tidak hanya sebatas jalan arteri, kolektor, maupun lokal saja, melainkan penjelasan yang lebih kompleks mengenai sistem aringan jalan yang terbagi lagi menjadi jaringan jalan primer dan jaringan jalan sekunder.

1) Sistem jaringan jalan primer

Sistem jaringan jalan primer adalah sistem jaringan jalan yang dibuat sesuai dengan rencana tata ruang perkotaan dan pelayanan kegiatan menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi dalam struktur pengembangan wilayah dengan ketentuan sebagai berikut :

- Di dalam antar satuan wilayah pengembangan, sistem jaringan jalan primer menghubungkan secara terus menerus

hingga ke persil, sehingga dapat kota jenjang di sekitarnya dapat terhubung semua,

- Sistem jaringan jalan primer dapat menghubungkan antar satuan wilayah pengembangan

Sistem jaringan jalan primer terbagi lagi menjadi :

i. Jalan arteri primer

Jalan arteri primer merupakan jaringan jalan yang menghubungkan antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. (PP RI No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan)

Ketentuan persyaratan penyusunan teknis jalan arteri primer adalah :

- Kecepatan yang di desain paling rendah 60 km/jam,
- Desain lebar badan jalan paling rendah 11 m,
- Lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal, dan kegiatan lokal,
- Jumlah jalan masuk dibatasi sedemikian rupa sehingga ketentuan poin 1, 2, dan 3 dapat terpenuhi,
- Persimpangan sebidang harus dilakukan pengaturan tertentu,
- Jalan arteri primer ini didesain tidak boleh terputus hingga memasuki kawasan perkotaan dan/ atau kawasan pengembangan perkotaan.

ii. Jalan kolektor primer

Jalan kolektor primer merupakan jaringan jalan yang menghubungkan antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal. (PP RI No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan)

Persyaratan desain teknis yang disusun pada jalan ini adalah :

- Kecepatan yang di desain paling rendah 40 km/jam,
- Desain lebar badan jalan paling rendah 9 m,
- Desain kapasitas lebih besar dibanding volume lalu lintas rata-rata,
- Jumlah jalan masuk dibatasi dan direncanakan dengan ketentuan poin 1, 2 tetap terpenuhi,
- Persimpangan sebidang harus dilakukan pengaturan tertentu,
- Tidak boleh terputus saat memasuki kawasan perkotaan dan/ atau kawasan pengembangan perkotaan.

iii. Jalan lokal primer

Jalan lokal primer merupakan jaringan jalan yang menghubungkan pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antar pusat kegiatan lingkungan. (PP RI No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan)

Persyaratan desain teknis yang disusun pada jalan ini adalah :

- Kecepatan yang di desain paling rendah 20 km/jam,
- Desain lebar badan jalan paling rendah 7,5 m,
- Jalan lokal primer tidak boleh terputus saat memasuki kawasan pedesaan.

2) Sistem jaringan jalan sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder adalah sistem jaringan jalan yang menghubungkan antar kawasan di dalam perkotaan yang diatur secara berjenjang sesuai dengan fungsi kawasan yang dihubungkannya. (PP RI No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan)

Sistem jaringan jalan sekunder terbagi menjadi :

i. Jalan arteri sekunder

Jalan arteri sekunder merupakan jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. (PP RI No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan)

Ketentuan persyaratan desain jalan arteri sekunder diantaranya adalah :

- Kecepatan rencana paling rendah 30 km/jam,
- Lebar badan jalan paling rendah 11 m,
- Memiliki kapasitas yang lebih besar dibanding volume lalu lintas rata-rata,
- Lalu lintas cepat tidak terganggu oleh lalu lintas lambat,
- Persimpangan sebidang harus dilakukan pengaturan tertentu

ii. Jalan kolektor sekunder

Jalan kolektor sekunder merupakan jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua, atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. (PP RI No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan)

Ketentuan persyaratan desain jalan kolektor sekunder adalah :

- Kecepatan rencana paling rendah 20 km/jam,
- Lebar badan jalan paling rendah 9 m,
- Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat,
- Persimpangan sebidang harus dilakukan dengan pengaturan tertentu.

iii. Jalan lokal sekunder

Jalan lokal sekunder merupakan jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai perumahan. (PP RI No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan)

Persyaratan desain teknis jalan lokal sekunder diantaranya adalah :

- Kecepatan rencana paling rendah 10 km/jam,
- Lebar badan jalan paling rendah 7,5 m.

iv. Jalan lingkungan sekunder

Jalan lingkungan sekunder merupakan jalan yang menghubungkan antar persil dalam kawasan perkotaan. (PP RI No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan)

Ketentuan persyaratan desain jalan lingkungan sekunder diantaranya adalah :

- Kecepatan rencana paling rendah 10 km/jam,
- Lebar badan jalan paling rendah 6,5 m,
- Desain jalan lingkungan sekunder diperuntukkan bagi kendaraan roda 3 atau lebih, dan
- Jalan lingkungan sekunder yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan roda 3 atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling rendah 3,5 m.

2.1.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Pada klasifikasi menurut kelas jalan ini berhubungan dengan kemampuan suatu jalan dalam menerima beban lalu lintas yang mana beban lalu lintas tersebut dinyatakan dalam Muatan Sumbu Terberat (MST) dalam satuan ton.

- 1) Jalan kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dan kendaraan bermuatan dengan ukuran lebar < 2.500 mm,

ukuran panjang <18.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah >10 ton

- 2) Jalan kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dan kendaraan bermuatan dengan ukuran lebar <2.500 mm, ukuran panjang <18.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 10 ton.
- 3) Jalan kelas III A, yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dan kendaraan bermuatan dengan ukuran lebar <2.500 mm, ukuran panjang <18.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.
- 4) Jalan kelas III B, yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dan kendaraan bermuatan dengan ukuran lebar <2.500 mm, ukuran panjang <12.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.
- 5) Jalan kelas III C, yaitu jalan lokal dan lingkungan yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dan kendaraan bermuatan dengan ukuran lebar <2.100 mm, ukuran panjang <9.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

Dari penjelasan klasifikasi menurut kelas jalan di atas dapat juga dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas jalan.

| Fungsi | Kelas | Muatan Sumbu Terberat |
|----------|-------|-----------------------|
| | | MST (ton) |
| Arteri | I | > 10 |
| | II | 10 |
| | IIIA | 8 |
| Kolektor | IIIA | 8 |
| | IIIB | |

Sumber : Bina Marga. No. 038/TBM/1997

2.1.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Pada klasifikasi medan jalan ini diperoleh berdasarkan adanya kemiringan medan pada jalan yang diukur tegak lurus sesuai garis kontur peta topografi wilayah.

Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Klasifikasi menurut medan jalan berdasarkan kemiringan medan dapat dilihat dalam **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Klasifikasi menurut medan jalan.

| No. | Jenis Medan | Notasi | Kemiringan Medan (%) |
|-----|-------------|--------|-------------------------|
| 1 | Datar | D | < 3 |
| 2 | Perbukitan | B | 3 - 25 |
| 3 | Pegunungan | G | > 25 |

Sumber : Bina Marga. No. 038/TBM/1997

2.1.2.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Menurut PP No. 26 Tahun 1985 bahwa klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaan merupakan jalan Nasional, jalan Propinsi, jalan Kabupaten/Kotamadya, jalan Desa, dan jalan Khusus.

Masing-masing dari wewenang pembinaan jalan tersebut juga dikelompokkan menurut Saodang (2010) bahwa :

1) Jalan Nasional, meliputi :

- Jalan arteri primer
- Jalan kolektor primer, yang meghubungkan antar Ibukota Propinsi,
- Jalan selain dari yang termasuk arteri/ kolektor primer yang memiliki nilai strategis terhadap kepentingan nasional yakni jalan yang tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi tetapi memiliki peranan menjamin kesatuan dan keutuhan nasional, melayani daerah-daerah yang rawan dan lain-lain.

2) Jalan Propinsi,

- Jalan kolektor primer, yang menghubungkan ibukota Propinsi dengan ibukota Kabupaten/ Kotamadya, dan menghubungkan antar ibukota Kabupaten/ Kotamadya.
- Jalan selain jalan di atas yang memiliki nilai strategis terhadap kepentingan Propinsi yakni jalan yang meskipun tidak dominan terhadap perkembangan ekonomi tetapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintah yang baik dalam Pemerintahan Daerah Tingkat I dan terpenuhinya kebutuhan-kebutuhan sosial lainnya.
- Jalan dalam Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan yang termasuk jalan Nasional.

3) Jalan Kabupaten/ Kotamadya,

- Jalan kolektor primer, yang tidak termasuk dalam kelompok jalan Nasional dan kelompok jalan Propinsi
- Jalan lokal primer
- Jalan sekunder lain, selain yang dimaksud jalan Nasional dan jalan Propinsi
- Jalan selain dari yang disebutkan di atas yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten yakni jalan yang walaupun tidak dominan terhadap kepentingan perkembangan ekonomi tetapi memiliki peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintahan dalam Pemerintah Daerah.

4) Jalan Desa,

- Jaringan jalan sekunder di dalam Kotamadya
- Jaringan jalan sekunder di dalam desa yang merupakan hasil swadaya masyarakat, baik yang ada di desa maupun di kelurahan.

5) Jalan Khusus

- Jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi/ badan hukum/ perorangan untuk melayani kepentingan masing-masing.

2.2 Karakteristik Jalan

2.2.1 Tipe Jalan

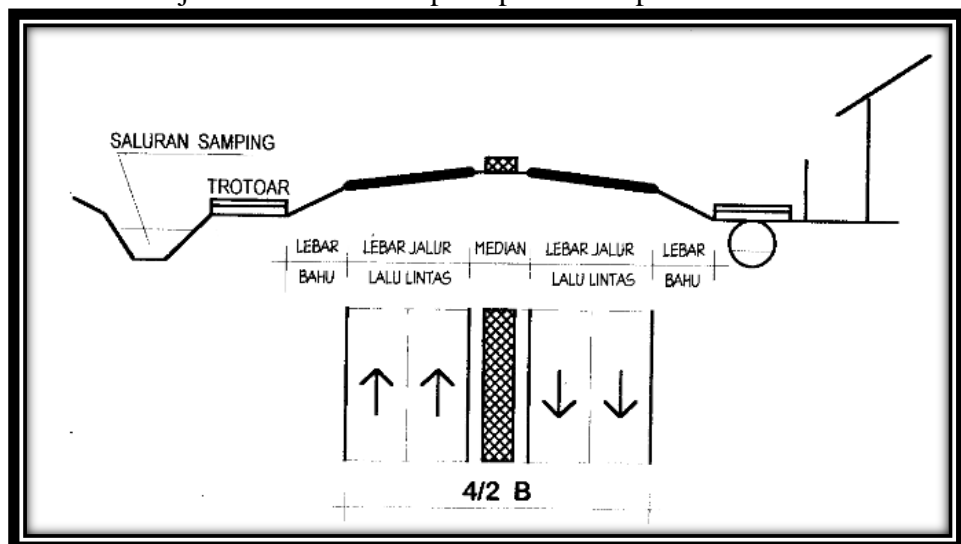
Terdapat berbagai tipe jalan yang digunakan untuk menentukan jumlah lajur dan arah pada suatu segmen jalan, tipe jalur lalu lintas diantaranya adalah :

- 2 lajur 1 arah (2/1)
- 2 lajur 2 arah tak-terbagi (2/2 TB),
- 4 lajur 2 arah tak-terbagi (4/2 TB),
- 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 B),
- 6 lajur 2 arah terbagi (6/2 B), dll

Dimana, TB : tak terbagi

B : terbagi

Karakteristik jalan berdasarkan tipe dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Tipikal potongan melintang normal tipe jalan dengan denah 4/2 (Hendarsin, 2000)

2.2.2 Bagian Jalan

Terdapat bagian-bagian dari jalan, yaitu :

- Median (M), merupakan daerah yang memisahkan arah lalu lintas suatu segmen jalan, terletak di bagian tengah dan biasanya ditinggikan maupun direndahkan.

- Lebar jalur (W_c), merupakan lebar jalur jalan (m) yang dilintasi arus lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.
- Lebar bahu (W_s), merupakan lebar jalur di samping jalur lalu lintas yang direncanakan sebagai ruang untuk pejalan kaki, kendaraan lambat, dan kendaraan yang sekali-kali berhenti.

2.2.2.1 Median

Median merupakan bagian bangunan fisik jalan yang memisahkan jalur lalu lintas pada satu jalan yang biasanya berupa bangunan trotoar, drainase, taman (penghijauan), dll. Biasanya perencanaan median jalan ini dilakukan pada jalan dengan kapasitas kendaraan yang padat dengan kriteria jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih.

Median dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu :

- Median direndahkan, yang terdiri atas jalur tepian dengan bangunan pemisah jalur yang direndahkan
- Median ditinggikan, yang terdiri atas jalur tepian dengan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.

2.2.2.2 Lajur

Lajur merupakan bagian dari jalur lalu lintas yang dibatasi dengan marka jalan yang cukup untuk dilewati oleh kendaraan bermotor selain sepeda motor sesuai kendaraan rencana. Penentuan lebar lajur dalam hal ini tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana. Hal itu dikarenakan apabila lebar lajur tidak disesuaikan/ direncanakan oleh kendaraan rencana misalnya, maka kendaraan berat yang berukuran jauh lebih besar dibanding dengan kendaraan ringan kapasitas lajur tidak akan memenuhi persyaratan untuk dilintasi kendaraan berat. Sehingga kendaraan rencana sangat berpengaruh terhadap penentuan lebar dan jumlah lajur.

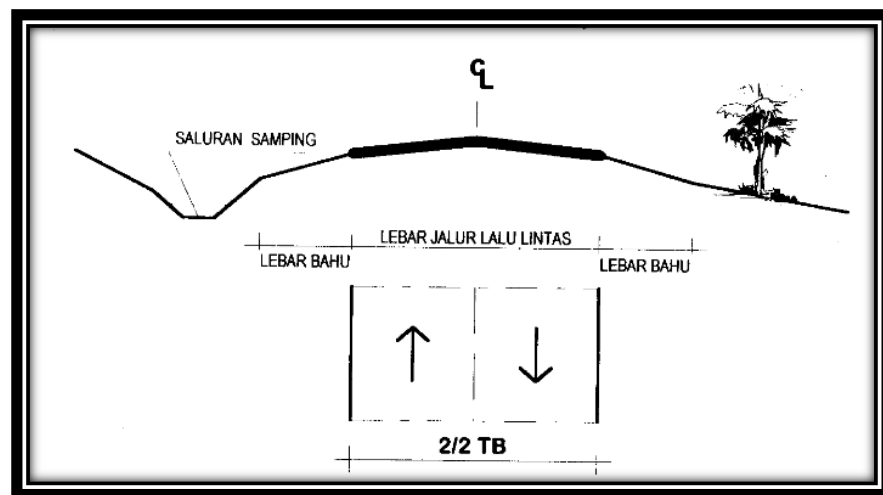
Begitu juga dengan kecepatan kendaraan, parameter penentu kecepatan ini tidak boleh dihilangkan ketika merencanakan sebuah lajur. Jika perencana mengesampingkan kecepatan rencana ketika merencanakan lebar dan, atau jumlah

lajur maka lajur sebuah jalan tidak akan berfungsi secara maksimal yang sesuai dengan tuntutan lalu lintas. Contoh misalnya, di sebuah jalur lalu lintas dengan kapasitas sebesar 8000 kendaraan/jam dan volume lalu lintas yang dapat dilalui sebesar 6500 kendaraan/jam dengan laju kecepatan yang diinginkan pengemudi di atas 60 km/jam, namun dalam kondisi di lapangan lebar lajur yang dilaksanakan sebesar 3,0 m dengan 2 lajur maka arus lalu lintas di jalur tersebut tidak akan berfungsi dengan baik. hal itu menyebabkan jalur tersebut mengalami kepadatan volume lalu lintas dan lama-kelamaan akan terjadi kerusakan jalan.

2.2.2.3 Bahu jalan

Bahu jalan merupakan bagian jalan yang terletak di sisi kanan maupun kiri jalur lalu lintas. Bahu jalan mempunyai fungsi sebagai tempat kendaraan berhenti sementara dan, atau kendaraan lambat, sebagai ruang parkir darurat, ruang bebas hambatan sampung lalu lintas.

Bagian dari jalan dapat dipahami dengan mudah dengan melihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Tipikal potongan melintang normal tipe jalan dengan denah jalan 2/2 TB (Hendarsin, 2000)

2.3 Daerah Penguasaan Jalan

Daerah penguasaan jalan adalah suatu daerah termasuk segala sesuatu termasuk di dalam daerah tersebut yang dikuasai untuk segala keperluan suatu jalan.

Daerah penguasaan jalan diberlakukan untuk pengembangan suatu jalan demi kelancaran dan kenyamanan arus lalu lintas bagi pengguna jalan itu sendiri seperti pengemudi, pejalan kaki serta pengguna jalan di sekitarnya seperti tempat tinggal, dan ruang untuk kegiatan perekonomian atau industri.

Regulasi penguasaan jalan ini harus dipahami oleh semua kalangan masyarakat pengguna jalan dan di sekitarnya supaya tidak terjadi pelanggaran terhadap penggunaannya di kemudian hari. Hal itu dikarenakan pengembangan suatu jalan setiap waktunya akan selalu berkembang untuk mengatasi kepadatan arus lalu lintas kendaraan yang selalu meningkat setiap tahunnya.

Daerah penguasaan jalan terbagi atas 3 bagian, yaitu :

1) Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Damaja adalah ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman dengan ketentuan batas tertentu. Ruang tersebut digunakan untuk medan utama suatu jalan yang berupa perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, timbunan dan galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap lainnya. Ruang untuk Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA) ini mempunyai ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan, yaitu :

- Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi,
- Ketinggian berada pada 5 m di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan, dan
- Kedalaman ruang bebas sebesar 1,5 m di bawah permukaan jalan.

2) Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Damija adalah ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman dengan ketentuan batas tertentu. Damija digunakan untuk keperluan Damaja dan pelaksanaan maupun penambahan jalur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruang untuk pengamanan jalan.

Ketentuan yang harus diperhatikan di dalam Damaja adalah :

- Penambahan ambang pengaman konstruksi jalan dengan ketinggian sebesar 5 m, dan
- Kedalaman ruang bebas sebesar 1,5 m

3) Daerah Penguasaan Jalan (DAWASJA)

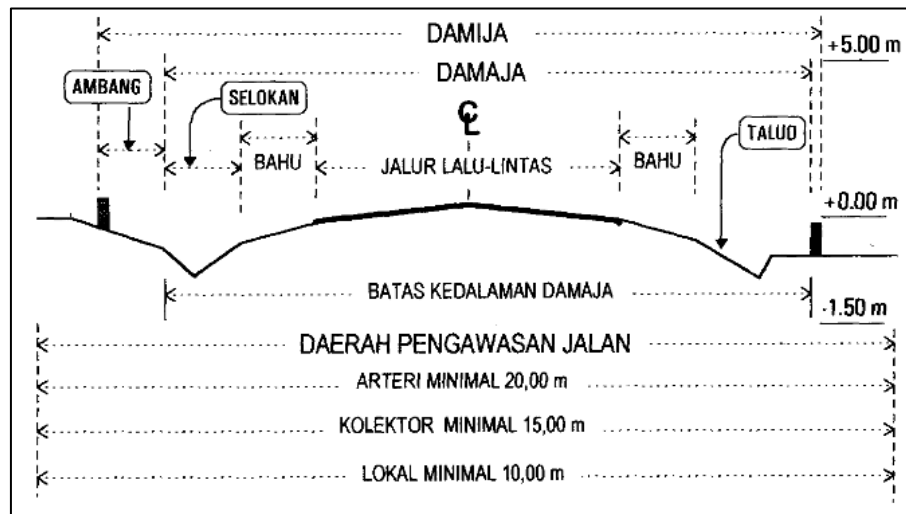
Dawasja adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu. (Bina Marga No. 038/TBM/1997)

Ruang dawasja ini penggunaannya diawasi oleh pembina jalan dengan tujuan supaya pandangan pengemudi saat berkendara dan konstruksi bangunan jalan tidak terganggu. Dawasja ditentukan berdasarkan kebutuhan terhadap pandangan pengemudi oleh Pembina Jalan. Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas serta dibatasi oleh lebar yang diukur dari as jalan.

Dawasja juga memiliki ketentuan yang harus diperhatikan bagi pengguna jalan dan di sekitarnya yang meliputi :

- Jalan arteri primer tidak kurang dari 20 m,
- Jalan arteri sekunder tidak kurang dari 20 m,
- Jalan kolektor primer tidak kurang dari 15 m,
- Jalan kolektor sekunder tidak kurang dari 7 m,
- Jalan lokal primer tidak kurang dari 10 m,
- Jalan lokal sekunder tidak kurang dari 4 m,
- Jembatan tidak kurang dari 100 m ke arah hulu dan hilir.

Daerah penguasaan jalan dapat dipahami dengan mudah dengan melihat **Gambar 2.3.**



Gambar 2.3 Daerah penguasaan jalan. (Hendarsin, 2000)

2.4 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan perancangan konstruksi jalan dengan menggunakan campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk menampung beban lalu lintas kendaraan. Campuran agregat yang digunakan dalam perkerasan antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali, hasil samping peleburan baja dan bahan lainnya. Sedangkan bahan pengikat yang digunakan untuk perkerasan antara lain aspal, semen, dan tanah liat.

Perancangan konstruksi perkerasan jalan harus direncanakan dan diperhitungkan dengan matang-matang ketika merencanakan suatu sistem jaringan jalan. Hal ini sangat penting dilakukan karena tingginya biaya konstruksi ketika membangun suatu jaringan jalan sangat berpengaruh terhadap kegiatan konstruksi jalan yang digunakan meliputi pemilihan jenis konstruksi yang sesuai dengan kondisi lapangan dan, atau arus lalu lintas di suatu wilayah. Pemilihan jenis konstruksi tersebut harus melewati berbagai pertimbangan yang cukup kompleks dengan memperhatikan kegunaan suatu jalan, geometrik jalan, kondisi lingkungan di sekitar jalan, serta pertimbangan ekonomi.

Dalam merencanakan sebuah konstruksi jalan terdapat 3 jenis konstruksi jalan, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Pada konstruksi perkerasan lentur, perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasan tersebut mempunyai

sifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang dipadatkan. Sedangkan pada konstruksi perkerasan kaku, perkerasan yang menggunakan semen portland sebagai bahan pengikatnya kemudian pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Perkerasan jenis kaku ini mempunyai sifat hanya memikul beban lalu lintas melalui pelat beton. Kemudian terdapat 1 jenis konstruksi perkerasan lagi, yaitu perkerasan komposit (*composite pavement*) yaitu kombinasi antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur dengan posisi perletakkannya perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau juga bisa perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Dalam pelaksanaan di lapangan, perencanaan konstruksi perkerasan dibedakan antara perkerasan untuk jalan baru dan perkerasan untuk peningkatan jalan.

2.4.1 Perkerasan Lentur

Seperti yang sudah dijelaskan di atas bahwa perkerasan jenis lentur ini mempunyai sifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tanah dasar tersebut antara lain adalah :

- Lapisan permukaan (*surface coarse*),
- Lapisan pondasi atas (*base coarse*),
- Lapisan pondasi bawah (*sub-base coarse*),
- Lapisan tanah dasar (*sub grade*)

1) Lapisan permukaan (*surface coarse*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan perkerasan jalan bagian paling atas. Lapisan permukaan ini terdiri atas lapis non-struktural, yang berfungsi sebagai lapis aus dan kedap air serta lapis struktural, yang berfungsi sebagai lapis yang menahan dan menyebarkan beban roda.

Lapisan permukaan tersebut memiliki fungsi utama yaitu :

- Lapisan penahan beban roda, yang mempunyai stabilitas tinggi ketika menahan beban roda selama umur pelayanan,
- Lapisan kedap air, lapisan yang berguna sebagai penadah air hujan atau air lainnya supaya air tersebut tidak meresap ke

dalam lapisan bawahnya yang akhirnya melemahkan lapisan tersebut,

- Lapisan aus, lapisan yang menerima gaya gesekan akibat beban roda kendaraan, serta
- Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawahnya sehingga dapat dipikul secara bersama.

Di Indonesia pada umumnya menggunakan jenis lapis permukaan non-struktural dan struktural. Pada jenis non-struktural berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air terbagi lagi menjadi :

- Burtu (laburan aspal satu lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi satu lapis agregat dengan gradasi yang seragam dengan ketentuan tebal minimum 2 cm.
- Burda (laburan aspal 2 lapis), merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali berurutan dengan tebal maksimum 3,5 cm.
- Latasir (lapis tipis aspal pasir), merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam dengan gradasi menerus bercampur dihampar dan dipadatkan hingga mempunyai tebal 1 – 2 cm.
- Buras (laburan aspal), merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi pasir dengan ukuran butir 3/8 inch.
- Latasbum (lapis tipis asbuton murni), merupakan lapisan penutup yang terdiri dari asbuton dan bahan pelunak yang dicampur dan dipadatkan dalam kondisi dingi dengan tebal padat maksimum 1 cm.
- Lataston (lapis tipis aspal beton), biasa dikenal dengan *Hot Roll Sheet* (HRS) merupakan lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*), dan aspal keras yang dicampur dan dipadatkan dalam kondisi panas dengan tebal padat antara 2,5 – 3 cm.

Serta lapisan yang bersifat struktural yang berfungsi sebagai lapisan penahan roda dan menyebarkan beban lalu lintas ini juga sering digunakan dalam perencanaan perkerasan di Indonesia antara lain :

- Penetrasi *Macadam* (Lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal lalu disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas Lapen biasanya diberi lapisan penutup berupa laburan aspal. Tebal lapisan satu lapis berkisar antara 4 – 10 cm.
- Lasbutag, merupakan perkerasan yang terdiri dari campuran agregat, asbuton, dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan dalam kondisi dingin. Tebal padat tiap lapisannya berkisar 3 – 5 cm.
- Laston (lapis aspal beton) merupakan lapisan perkerasan yang terdiri dari campuran aspal dan agregat yang mempunyai gradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

Di Indonesia lapis permukaan perkerasan jenis Laston (*Asphalt Concrete* atau AC) atau yang lebih dikenal sebagai Laston (Lapisan Aspal Beton) itu sendiri terdiri atas 3 macam lapisan, yaitu lapisan aus atau *Asphalt Concrete Wearing Course* (ACWC), Laston lapis permukaan atau *Asphalt Concrete Binder Course* (ACBC) dan Laston lapis pondasi atau *Asphalt Concrete Base* (AC Base).

Lapisan ACWC tersebut merupakan lapisan yang lebih halus permukaannya dibanding lapisan lainnya. Lapisan tersebut juga dikenal sebagai lapisan aus dikarenakan fungsinya tersebut dan terletak di posisi paling atas. Lapisan ini bersifat non-struktural sehingga dapat menambah daya tahan dari perkerasan dan mempertahankan masa pelayanan konstruksi perkerasan.

Pada lapisan ACBC ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus dan di atas lapisan pondasi. Lapisan ini

harus mempunyai stabilitas tinggi guna mengurangi tegangan dan regangan akibat beban kendaraan lalu lintas yang akan disalurkan dan disebarkan ke lapisan base dan sub grade.

Pada lapisan AC-Base atau lapisan pondasi atas (Laston atas) ini secara teori mempunyai fungsi sama dengan lapisan ACBC yaitu menyalurkan dan menyebarkan beban kendaraan lalu lintas sehingga diperlukan stabilitas yang tinggi. Selain itu lapisan ini berfungsi untuk memberi dukungan pada lapis permukaan supaya tidak cepat aus dan rusak.

2) Lapisan pondasi atas (*base coarse*)

Lapis pondasi atas merupakan lapisan yang terletak diantara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah atau langsung dengan tanah dasar jika tidak menggunakan pondasi bawah.

Lapisan ini mempunyai fungsi sebagai berikut :

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan bawah,
- Sebagai lapisan peresap untuk lapisan pondasi bawah, serta
- Bantalan bagi lapisan permukaan.

3) Lapisan pondasi bawah (*sub-base coarse*)

Pada lapisan pondasi bawah ini memiliki fungsi sebagaimana dengan lapisan yang lain, diantaranya yaitu :

- Menyebarkan beban roda ke tanah dasar,
- Efisiensi material, hal itu dikarenakan material pondasi bawah lebih murah dibanding lapisan di atasnya,
- Sebagai lapisan peresap supaya air tanah tidak berkumpul di pondasi, serta
- Lapisan partikel-partikel halus dari tanah dasar supaya naik ke lapisan pondasi atas.

Lapisan ini terdiri atas berbagai macam bahan tanah setempat dengan relatif yang lebih baik dari tanah dasar supaya dapat digunakan sebagai pondasi bawah. Campuran tanah setempat dengan kapur semen

portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan supaya mendapat bantuan efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

4) Lapisan tanah dasar (*sub grade*)

Pada lapisan tanah dasar ini merupakan lapisan permukaan tanah asli yang berupa galian atau timbunan yang dipadatkan dan merupakan lapisan dasar untuk perletakan lapisan lainnya.

Lapisan ini mempunyai persoalan yang cukup serius apabila tidak dicermati dengan matang, yaitu :

- Perubahan bentuk tetap dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas,
- Bersifat kembang-susut adanya pengaruh perubahan air,
- Daya dukung tanah yang tidak merata, hal ini dikarenakan ragam tanah setiap lokasi berbeda-beda,
- Lendutan baik.

Susunan lapisan perkerasan lentur ideal tersebut dapat dicermati pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Susunan lapisan perkerasan lentur. (Hendarsin, 2000)

2.4.2 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku merupakan perkerasan yang didominasi bahannya dari beton. Jenis perkerasan kaku ini mulai banyak digunakan di beberapa daerah Indonesia dikarenakan umur pelayanan yang lebih panjang dibanding jenis perkerasan lentur. Selain itu perkerasan kaku tidak membutuhkan kegiatan pemeliharaan yang begitu rumit jika dibandingkan perkerasan lentur.

Perkerasan kaku secara umum terdiri atas agregat kasar, agregat halus, campuran semen portland, bahan pengisi dan zat *admixture* kemudian dipakai dan, atau tidak dipakai dengan tulangan.

Susunan dari perkerasan ini antara lain :

1) Lapisan pelat beton (*Concrete Slab*),

Merupakan lapisan beton tebal yang berupa gabungan lapisan *base* dengan *surface*. Umumnya tebal lapisan ini berkisar antara 20 – 30 cm (tergantung permintaan/ kondisi lalu lintas). Lapisan ini biasanya diberikan tambahan tulangan kembang susut (*Shrinkage Bar*) dan tulangan konstruksi (*Construction Bar*) antar segmennya. Untuk ukuran tiap segmennya bervariasi tergantung permintaan/ kondisi lalu lintas yaitu dengan lebar segmen beton sekitar 2,5 – 3 m, dan panjangnya berkisar 4 – 5 m. Pada sambungan antar segmen umumnya digunakan campuran aspal emulsi atau *sealant* guna mereduksi pergerakan akibat pemuaian. Serta pada permukaannya lapisan ini dibuat grid untuk menambah gaya gesekan yang terjadi dengan ban roda kendaraan.

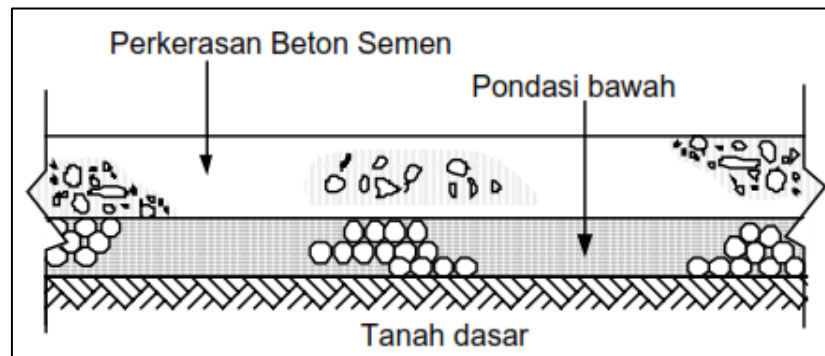
2) Lapisan pondasi bawah(*Sub-base Course*),

Lapisan pondasi bawah ini berupa pelat beton tipis dengan ukuran 5 – 10 cm yang terletak di atas tanah dasar atau disebut *Lean Concrete*. Pada lapisan ini harus direncanakan dan diperhitungkan dengan baik mengenai material yang digunakannya, dikarenakan pada lapisan ini merupakan lapisan pelindung bagi tanah dasar terhadap rembesan air. Sebelum pekerjaan lapisan ini biasanya diberi plastik guna mencegah rembesan air dari permukaan yang bisa membuat kerusakan.

3) Lapisan tanah dasar (*Sub Grade*)

Merupakan lapisan dasar dari perkerasan lainnya yang berupa tanah asli galian atau timbunan yang dipadatkan.

Susunan lapisan perkerasan beton semen tersebut dapat dicermati melalui **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Susunan lapisan perkerasan beton semen. (Bina Marga, Pd T-14- 2003)

2.5 Persyaratan Teknis Perkerasan Kaku

2.5.1 Tanah Dasar

Penentuan nilai daya dukung tanah dasar dapat dilakukan dengan pengujian CBR insitu dengan mengacu SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989 dimana masing-masing tersebut untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Jika hasil pengujian tanah dasar didapatkan nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka pilihan yang harus dilakukan adalah dengan memasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) yang mempunyai ketebalan 15 cm dan dianggap nilai CBR tanah dasar efektif tersebut sebesar 15 %. (Bina Marga. Pd T-14-2003)

2.5.2 Pondasi Bawah

Menurut peraturan Bina Marga Pd T-14-2003, (2003) bahan pondasi bawah terdiri atas :

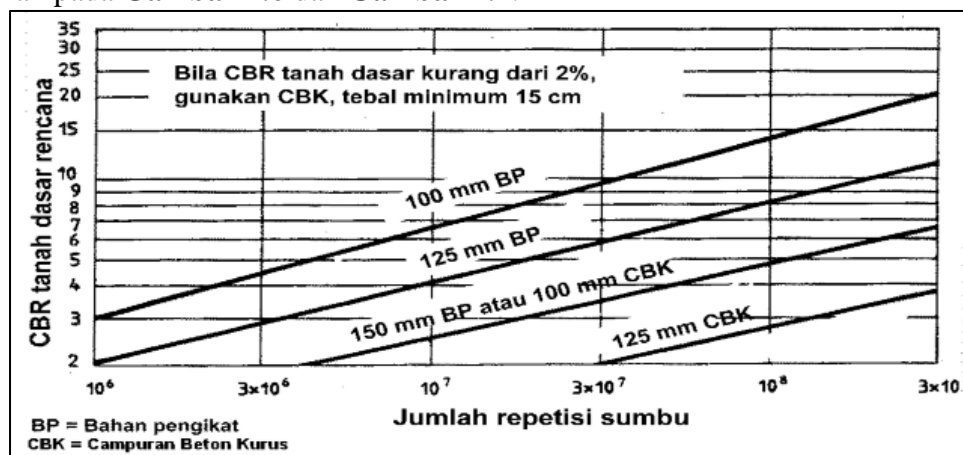
- Bahan berbutir,
- Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*),
- Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*)

Lapis pondasi bawah perlu dilakukan pelebaran hingga 60 cm di luar tepi perkerasan beton semen. Hal itu dilakukan apabila di lapangan ditemukan berupa tanah ekspansif sehingga memerlukan pertimbangan khusus mengenai jenis dan

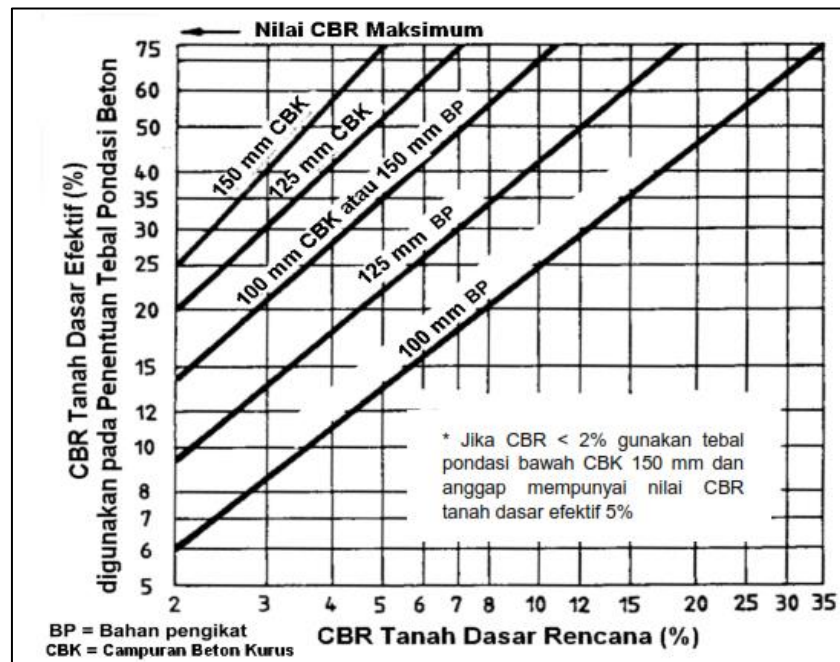
dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan. Tujuan dari dilakukannya pelebaran lapis pondasi hingga ke tepi luar lebar jalan adalah untuk mengurangi perilaku tanah ekspansif. Perilaku tanah ekspansif berupa perubahan volume tanah akibat kadar air yang terkandung di dalam tanah yang mengandung mineral-mineral lempung yang mempunyai fungsi menyerap air sehingga apabila mineral tersebut menyerap air maka air volume tanah meningkat sehingga terjadi pengembangan tanah.

Perencanaan tebal lapisan pondasi minimum sebesar 10 cm apabila diketahui mutu yang dihasilkan sedikit/ kecil, sehingga apabila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji maka pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Penentuan tebal lapis pondasi bawah dan CBR tanah dasar efektif yang disarankan terlihat pada gambar 2.4 dan 2.5 di atas.

Penentuan tebal pondasi bawah minimum dan nilai CBR efektif dapat digunakan pada **Gambar 2.6** dan **Gambar 2.7**.



Gambar 2.6 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen. (Bina Marga, Pd T-14-2003)



Gambar 2.7 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah. (Bina Marga, Pd T-14-2003)

2.5.3 Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) pada umur 28 hari yang didapatkan dari hasil uji balok dengan ketentuan pembebanan 3 titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm²). Sedangkan kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit, atau serat karbon harus mencapai titik tarik lentur sebesar 5-5,5 MPa (50-55 kg/cm²).

Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat.

Hubungan dengan kuat tekan dengan kuat tarik beton dapat digunakan dengan rumus sebagai berikut :

$$f_{cf} = K.(f_c')^{0,50} \text{ dalam MPa atau } \dots\dots\dots(1)$$

$$f_{cf} = 3,13.K.(f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana, f_c' : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

f_{cf} : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)

K : konstanta (0,7) untuk agregat tidak dipecah dan (0,75) untuk agregat pecah.

Kuat tarik lentur dapat ditentukan juga dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 03-2491-1991 sebagai berikut :

$$f_{cf} = 1,37.f_{cs} \text{ dalam MPa atau } \dots\dots\dots(3)$$

$$f_{cf} = 13,44.f_{cs} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana, f_{cs} : kuat tarik belah beton 28 hari

2.5.4 Lalu Lintas

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*) dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana.

Kendaraan yang ditinjau dalam perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 kelompok sumbu, yaitu :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT),
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG),
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG),
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

2.4.4.1 Lajur rencana dan koefisien distribusi

Jika jalan tidak mempunyai tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga.

| Lebar Perkerasan (Lp) | Jumlah lajur (n) | Koefisien Distribusi | |
|----------------------------------------------|---------------------|----------------------|--------|
| | | 1 Arah | 2 Arah |
| $L_p < 5,50 \text{ m}$ | 1 lajur | 1 | 1 |
| $5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ | 2 lajur | 0,70 | 0,50 |
| $8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$ | 3 lajur | 0,50 | 0,475 |
| $11,25 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$ | 4 lajur | - | 0,45 |
| $15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75 \text{ m}$ | 5 lajur | - | 0,425 |
| $18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00 \text{ m}$ | 6 lajur | - | 0,4 |

Sumber : Bina Marga. Pd T-14- 2003

2.4.4.2 Umur rencana

Umur rencana jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas, nilai ekonomi yang bersangkutan dengan ditentukan oleh metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi metode tersebut, atau cara lain yang tidak terlepas dari pengembangan wilayah.

Umumnya perencanaan perkerasan jalan beton semen direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun hingga 40 tahun.

2.4.4.3 Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu lintas akan meningkat sesuai dengan perhitungan umur rencana dimana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu lintas yang dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana, R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu lintas (R) dapat juga ditentukan dalam **Tabel 2.4.**

Tabel 2.4 Faktor pertumbuhan lalu lintas.

| Umur Rencana (tahun) | Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%) | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 5 | 5 | 5,2 | 5,4 | 5,6 | 5,9 | 6,1 |
| 10 | 10 | 10,9 | 12 | 13,2 | 14,5 | 15,9 |
| 15 | 15 | 17,3 | 20 | 23,3 | 27,2 | 31,8 |
| 20 | 20 | 24,3 | 29,8 | 36,8 | 45,8 | 57,3 |
| 25 | 25 | 32 | 41,6 | 54,9 | 73,1 | 98,3 |
| 30 | 30 | 40,6 | 56,1 | 79,1 | 113,3 | 164,5 |
| 35 | 35 | 50 | 73,7 | 111,4 | 172,3 | 271 |
| 40 | 40 | 60,4 | 95 | 154,8 | 259,1 | 442,6 |

Sumber : Bina Marga. Pd T-14-2003

Jika setelah waktu umur rencana (UR_m tahun) pertumbuhan lalu lintas tidak terjadi lagi, maka nilai R dapat dihitung dengan cara :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} + (UR - UR_m)\{(1+i)^{UR_m} - 1\} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana, R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = Laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR_m = Waktu tertentu sebelum umur rencana (UR) selesai.
(tahun)

2.4.4.4 Lalu lintas rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana yang meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

Perhitungan lalu lintas rencana dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(7)$$

Dimana,

$JSKN$: Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.

$JSKNH$: Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R : Faktor pertumbuhan kumulatif (11) atau tabel 2.18 atau rumus (12) yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C : Koefisien distribusi kendaraan.

2.4.4.5. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (F_{KB}). Nilai faktor dapat dilihat dari **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Faktor keamanan beban

| No. | Penggunaan | Nilai (F_{kb}) |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1 | Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan yang tinggi Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survai beban (<i>weight in motion</i>) dan adanya kemungkinan rute alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15 | 1,2 |
| 2 | Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah | 1,1 |
| 3 | Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah | 1,0 |

Sumber : Bina Marga. Pd T-14-2003

2.5.5 Bahu

Pada perencanaan perkerasan jalan beton semen, pembuatan bahu jalan dapat digunakan dengan pembuatan bahu yang terbuat dari beton semen. Pembuatan bahu beton semen dalam hal ini adalah supaya jalur lalu lintas mendapat pengaruh dari bahu jalan karena dapat meningkatkan kinerja perkerasan dan dapat mengurangi tebal pelat perkerasan.

Pada pedoman Bina Marga Pd T-14-2003, (2003) pembuatan bahu beton semen pada perkerasan jalan beton semen adalah dengan dikunci dan diikatkan dengan jalur lalu lintas dengan lebar minimum 1,50 m atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu lintas dengan lebar 0,60 m yang dapat mencakup saluran dan kereb.

2.5.6 Sambungan

Sambungan pada perkerasan jalan beton semen mempunyai beberapa jenis sambungan, yaitu :

- Sambungan memanjang,
- Sambungan melintang,
- Sambungan isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

Tujuan dari sambungan adalah :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu lintas,
- Memudahkan pelaksanaan,
- Mengakomodasi gerakan pelat

Perencanaan sambungan pada perkerasan kaku merupakan bagian yang wajib dilakukan pada perencanaan baik jenis perkerasan beton bersambung tanpa tulangan atau dengan tulangan, maupun pada jenis perkerasan beton menerus dengan tulangan.

2.5.6.1 Ruji dan Tie Bar

Dowel merupakan sebuah tulangan batang baja berupa polos maupun profil yang digunakan sebagai penyambung/ pengikat pada jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan. selain itu dowel juga berfungsi sebagai penyalur beban pada sambungan yang dipasang dengan setengah panjang terikat dan setengah panjang dilumasi atau dicat guna memberikan kebebasan bergeser.

Pada pemasangan sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bar*) adaalah untuk mengendalikan terjadinya kerusakan berupa retak pada area memanjang. Jarak antar sambungan memanjang digunakan sekitar 3 – 4 m dan harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU 24 serta berdiameter 16 mm.

Ketentuan penggunaan dowel sebagai penyambung/ pengikat dan pemasangan batang pengikat (*tie bar*) dapat dilihat pada **Tabel 2.6** dan **Tabel 2.7**.

Tabel 2.6 Ukuran dan jarak batang dowel (ruji) yang disarankan.

| Tebal Pelat | | Dowel | | | | | |
|-------------|-----|----------|----|---------|-----|-------|-----|
| Perkerasan | | Diameter | | Panjang | | Jarak | |
| inci | mm | inci | mm | inci | mm | inci | mm |
| 6 | 150 | 0.75 | 19 | 18 | 450 | 12 | 300 |
| 7 | 175 | 1 | 25 | 18 | 450 | 12 | 300 |
| 8 | 200 | 1 | 25 | 18 | 450 | 12 | 300 |
| 9 | 225 | 1.25 | 32 | 18 | 450 | 12 | 300 |
| 10 | 250 | 1.25 | 32 | 18 | 450 | 12 | 300 |
| 11 | 275 | 1.25 | 32 | 18 | 450 | 12 | 300 |
| 12 | 300 | 1.5 | 38 | 18 | 450 | 12 | 300 |
| 13 | 325 | 1.5 | 38 | 18 | 450 | 12 | 300 |
| 14 | 350 | 1.5 | 38 | 18 | 450 | 12 | 300 |

Sumber : *Principles of Pavement Design by Yoder & Witczak, 1975*

Tabel 2.7 Ukuran dan jarak batang pengikat (*tie bar*) yang disarankan.

| Tebal Pelat (cm) | Diameter Tie Bar (mm) | Panjang Tie Bar (mm) | Jarak Antar Tie Bar (mm) |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 12,5 | 12 | 600 | 750 |
| 15,0 | 12 | 600 | 750 |
| 17,5 | 12 | 600 | 750 |
| 20,0 | 12 | 600 | 750 |
| 22,5 | 12 | 750 | 900 |
| 25,0 | 12 | 750 | 900 |

Sumber : *Principles of Pavement Design by Yoder & Witczak, 1975*

2.6 Prosedur Perencanaan

2.6.1 Perencanaan Tebal Pelat

Tebal rencana merupakan tebal taksiran yang paling kecil mempunyai total nilai fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%. (Bina Marga Pd T-14-2003, 2003)

Langkah-langkah perencanaan tebal pelat dapat dilihat **Gambar 2.8**.

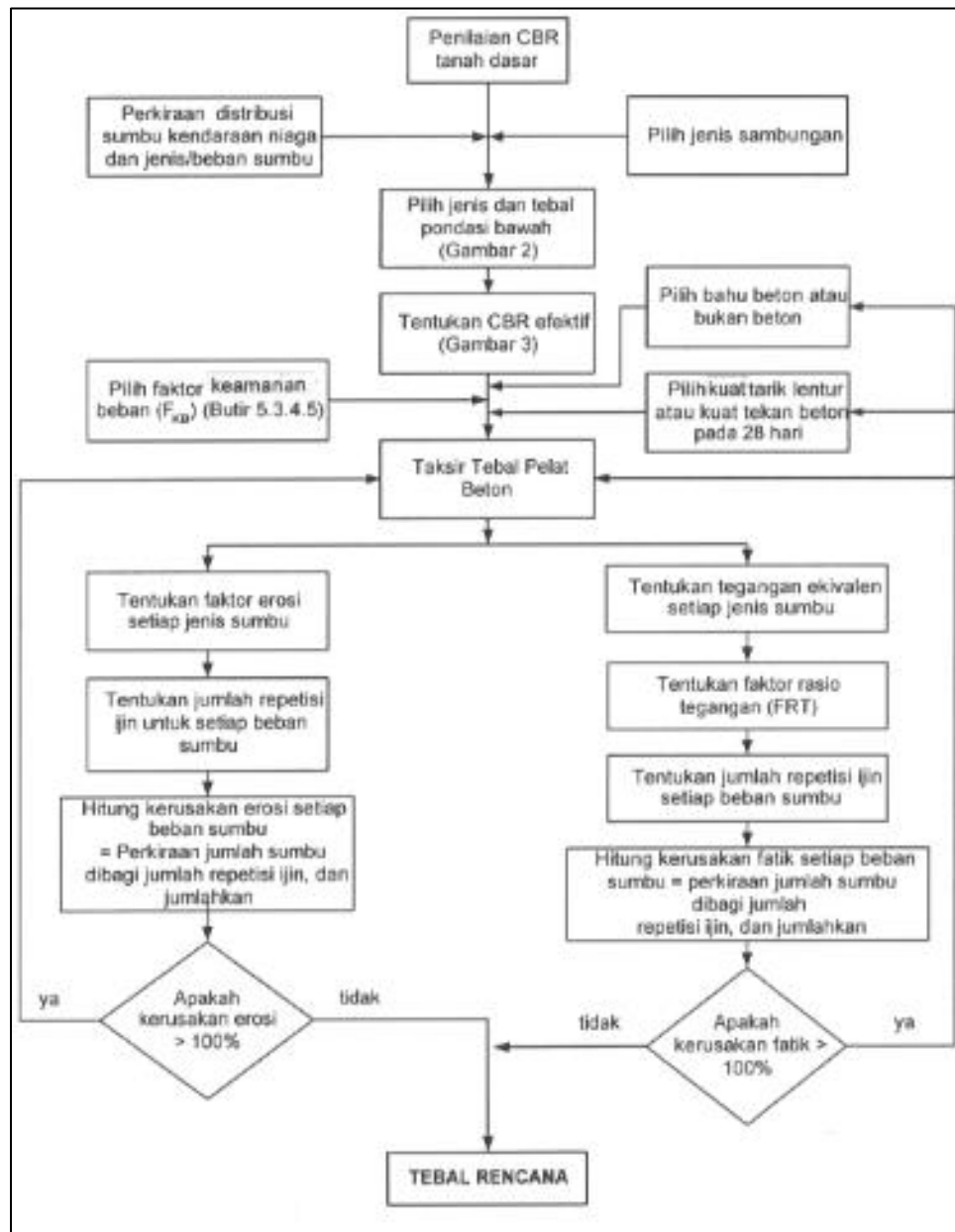
Tabel 2.8 Tegangan Ekvivalen (FRT) dan Faktor Erosi (FE) untuk perkerasan dengan bahu beton.

| Tebal Slab (mm) | CBR Ef. Tanah Dasar (%) | Tegangan Setara | | | | Faktor Erosi | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-------|--------|--------|--------------|-------|--------|--------|-----------------------------|-------|--------|--------|
| | | | | | | Tanpa Ruji | | | | Dengan Ruji/Beton Bertulang | | | |
| | | ST RT | ST RG | STd RG | STr RG | ST RT | ST RG | STd RG | STr RG | ST RT | ST RG | STd RG | STr RG |
| 150 | 5 | 1,42 | 2,16 | 1,81 | 1,45 | 2,34 | 2,94 | 2,99 | 3 | 2,14 | 2,74 | 2,78 | 2,81 |
| 150 | 10 | 1,36 | 2,04 | 1,7 | 1,39 | 2,32 | 2,92 | 2,94 | 2,94 | 2,13 | 2,72 | 2,73 | 2,75 |
| 150 | 15 | 1,33 | 1,98 | 1,65 | 1,36 | 2,32 | 2,92 | 2,91 | 2,91 | 2,12 | 2,72 | 2,7 | 2,72 |
| 150 | 20 | 1,32 | 1,94 | 1,62 | 1,35 | 2,31 | 2,91 | 2,9 | 2,9 | 2,11 | 2,71 | 2,69 | 2,7 |
| 150 | 25 | 1,3 | 1,9 | 1,59 | 1,33 | 2,3 | 2,9 | 2,88 | 2,88 | 2,1 | 2,7 | 2,67 | 2,67 |
| 150 | 35 | 1,27 | 1,82 | 1,53 | 1,3 | 2,29 | 2,89 | 2,85 | 2,84 | 2,08 | 2,69 | 2,64 | 2,63 |
| 150 | 50 | 1,23 | 1,74 | 1,49 | 0,1 | 2,27 | 2,87 | 2,82 | 2,81 | 2,06 | 2,67 | 2,6 | 2,59 |
| 150 | 75 | 1,2 | 1,65 | 1,43 | 1,26 | 2,25 | 2,85 | 2,79 | 2,77 | 2,04 | 2,65 | 2,57 | 2,56 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 160 | 5 | 1,29 | 1,98 | 1,67 | 1,33 | 2,26 | 2,87 | 2,93 | 2,95 | 2,06 | 2,66 | 2,72 | 2,77 |
| 160 | 10 | 1,24 | 1,87 | 1,56 | 1,26 | 2,24 | 2,85 | 2,88 | 2,89 | 2,04 | 2,64 | 2,67 | 2,69 |
| 160 | 15 | 1,21 | 1,82 | 1,51 | 1,23 | 2,24 | 2,84 | 2,85 | 2,86 | 2,04 | 2,64 | 2,64 | 2,66 |
| 160 | 20 | 1,2 | 1,79 | 1,49 | 1,21 | 2,23 | 2,83 | 2,84 | 2,84 | 2,03 | 2,63 | 2,62 | 2,64 |
| 160 | 25 | 1,18 | 1,75 | 1,46 | 1,2 | 2,23 | 2,83 | 2,82 | 2,82 | 2,02 | 2,62 | 2,6 | 2,62 |
| 160 | 35 | 1,15 | 1,67 | 1,41 | 1,17 | 2,22 | 2,82 | 2,79 | 2,78 | 2 | 2,61 | 2,56 | 2,57 |
| 160 | 50 | 1,12 | 1,6 | 1,36 | 1,15 | 2,2 | 2,8 | 2,75 | 2,75 | 1,98 | 2,59 | 2,53 | 2,53 |
| 160 | 75 | 1,1 | 1,52 | 1,3 | 1,13 | 2,18 | 2,78 | 2,72 | 2,69 | 1,97 | 2,57 | 2,5 | 2,49 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 170 | 5 | 1,17 | 1,83 | 1,55 | 1,22 | 2,19 | 2,8 | 2,88 | 2,9 | 1,99 | 2,59 | 2,66 | 2,72 |
| 170 | 10 | 1,13 | 1,73 | 1,45 | 1,16 | 2,17 | 2,78 | 2,83 | 2,84 | 1,97 | 2,57 | 2,61 | 2,64 |
| 170 | 15 | 1,11 | 1,68 | 1,4 | 1,13 | 2,17 | 2,77 | 2,8 | 2,81 | 1,96 | 2,57 | 2,58 | 2,61 |
| 170 | 20 | 1,1 | 1,65 | 1,38 | 1,12 | 2,16 | 2,76 | 2,79 | 2,79 | 1,95 | 2,56 | 2,57 | 2,59 |
| 170 | 25 | 1,08 | 1,62 | 1,35 | 1,1 | 2,16 | 2,76 | 2,77 | 2,77 | 1,95 | 2,55 | 2,55 | 2,57 |
| 170 | 35 | 1,05 | 1,55 | 1,3 | 1,07 | 2,15 | 2,75 | 2,73 | 2,73 | 1,94 | 2,53 | 2,51 | 2,53 |
| 170 | 50 | 1,03 | 1,49 | 1,25 | 1,04 | 2,13 | 2,73 | 2,7 | 2,7 | 1,91 | 2,51 | 2,47 | 2,48 |
| 170 | 75 | 1,02 | 1,41 | 1,19 | 1,03 | 2,11 | 2,71 | 2,66 | 2,64 | 1,89 | 2,49 | 2,43 | 2,43 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | 5 | 1,07 | 1,7 | 1,44 | 1,13 | 2,13 | 2,73 | 2,83 | 2,86 | 1,92 | 2,52 | 2,61 | 2,68 |

Tabel 2.8 (Lanjutan)

| Tebal Slab (mm) | CBR Ef. Tanah Dasar (%) | Tegangan Setara | | | | Faktor Erosi | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------|--------|--------|--------------|-------|--------|--------|-----------------------------|-------|--------|--------|
| | | | | | | Tanpa Ruji | | | | Dengan Ruji/Beton Bertulang | | | |
| | | ST RT | ST RG | STd RG | STr RG | ST RT | ST RG | STd RG | STr RG | ST RT | ST RG | STd RG | STr RG |
| 180 | 10 | 1,03 | 1,6 | 1,35 | 1,07 | 2,11 | 2,71 | 2,78 | 2,79 | 1,9 | 2,5 | 2,56 | 2,6 |
| 180 | 15 | 1,01 | 1,55 | 1,3 | 1,04 | 2,1 | 2,71 | 2,75 | 2,76 | 1,89 | 2,5 | 2,53 | 2,57 |
| 180 | 20 | 1,01 | 1,53 | 1,28 | 1,03 | 2,09 | 2,7 | 2,73 | 2,74 | 1,88 | 2,49 | 2,51 | 2,54 |
| 180 | 25 | 1 | 1,5 | 1,25 | 1,01 | 2,09 | 2,69 | 2,71 | 2,72 | 1,88 | 2,48 | 2,49 | 2,52 |
| 180 | 35 | 0,98 | 1,44 | 1,2 | 0,98 | 2,08 | 2,68 | 2,67 | 2,68 | 1,87 | 2,46 | 2,45 | 2,47 |
| 180 | 50 | 0,95 | 1,38 | 1,16 | 0,96 | 2,06 | 2,66 | 2,64 | 2,64 | 1,84 | 2,44 | 2,42 | 2,42 |
| 180 | 75 | 0,94 | 1,31 | 1,1 | 0,94 | 2,04 | 2,64 | 2,61 | 2,6 | 1,82 | 2,42 | 2,36 | 2,37 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 190 | 5 | 0,99 | 1,58 | 1,35 | 1,05 | 2,07 | 2,67 | 2,78 | 2,82 | 1,86 | 2,46 | 2,57 | 2,64 |
| 190 | 10 | 0,96 | 1,49 | 1,26 | 0,99 | 2,05 | 2,65 | 2,72 | 2,75 | 1,84 | 2,44 | 2,51 | 2,56 |
| 190 | 15 | 0,94 | 1,44 | 1,21 | 0,97 | 2,04 | 2,64 | 2,7 | 2,72 | 1,83 | 2,43 | 2,48 | 2,53 |
| 190 | 20 | 0,93 | 1,42 | 1,19 | 0,96 | 2,03 | 2,63 | 2,69 | 2,7 | 1,82 | 2,42 | 2,46 | 2,5 |
| 190 | 25 | 0,92 | 1,4 | 1,17 | 0,94 | 2,03 | 2,63 | 2,67 | 2,68 | 1,81 | 2,41 | 2,44 | 2,48 |
| 190 | 35 | 0,9 | 1,35 | 1,12 | 0,91 | 2,02 | 2,62 | 2,63 | 2,64 | 1,79 | 2,4 | 2,4 | 2,43 |
| 190 | 50 | 0,88 | 1,29 | 1,08 | 0,88 | 2 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 1,77 | 2,38 | 2,36 | 2,38 |
| 190 | 75 | 0,87 | 1,22 | 1,02 | 0,86 | 1,98 | 2,58 | 2,55 | 2,55 | 1,76 | 2,36 | 2,32 | 2,31 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | 5 | 0,91 | 1,47 | 1,27 | 0,99 | 2,01 | 2,61 | 2,74 | 2,78 | 1,8 | 2,4 | 2,52 | 2,6 |
| 200 | 10 | 0,89 | 1,39 | 1,18 | 0,93 | 1,99 | 2,59 | 2,69 | 2,71 | 1,78 | 2,38 | 2,46 | 2,52 |
| 200 | 15 | 0,87 | 1,35 | 1,15 | 0,9 | 1,98 | 2,59 | 2,66 | 2,68 | 1,77 | 2,37 | 2,43 | 2,49 |
| 200 | 20 | 0,86 | 1,33 | 1,12 | 0,89 | 1,97 | 2,58 | 2,64 | 2,66 | 1,76 | 2,36 | 2,42 | 2,48 |
| 200 | 25 | 0,85 | 1,3 | 1,1 | 0,87 | 1,97 | 2,57 | 2,62 | 2,64 | 1,75 | 2,35 | 2,4 | 2,44 |
| 200 | 35 | 0,83 | 1,25 | 1,05 | 0,84 | 1,96 | 2,56 | 2,58 | 2,6 | 1,73 | 2,33 | 2,36 | 2,39 |
| 200 | 50 | 0,82 | 1,2 | 1,01 | 0,82 | 1,94 | 2,54 | 2,54 | 2,55 | 1,71 | 2,31 | 2,32 | 2,33 |
| 200 | 75 | 0,81 | 1,14 | 0,95 | 0,8 | 1,92 | 2,52 | 2,51 | 2,5 | 1,69 | 2,3 | 2,27 | 2,28 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 210 | 5 | 0,85 | 1,38 | 1,2 | 0,93 | 1,96 | 2,56 | 2,7 | 2,75 | 1,74 | 2,34 | 2,48 | 2,57 |
| 210 | 10 | 0,82 | 1,3 | 1,11 | 0,87 | 1,94 | 2,54 | 2,65 | 2,67 | 1,72 | 2,32 | 2,42 | 2,49 |
| 210 | 15 | 0,8 | 1,27 | 1,08 | 0,84 | 1,93 | 2,53 | 2,62 | 2,64 | 1,71 | 2,31 | 2,39 | 2,45 |
| 210 | 20 | 0,8 | 1,24 | 1,05 | 0,83 | 1,92 | 2,52 | 2,6 | 2,62 | 1,7 | 2,3 | 2,37 | 2,43 |
| 210 | 25 | 0,79 | 1,22 | 1,03 | 0,81 | 1,91 | 2,51 | 2,58 | 2,6 | 1,69 | 2,29 | 2,35 | 2,4 |
| 210 | 35 | 0,77 | 1,17 | 0,98 | 0,78 | 1,9 | 2,49 | 2,54 | 2,56 | 1,67 | 2,28 | 2,31 | 2,34 |
| 210 | 50 | 0,76 | 1,13 | 0,94 | 0,76 | 1,88 | 2,48 | 2,51 | 2,51 | 1,65 | 2,26 | 2,27 | 2,29 |
| 210 | 75 | 0,75 | 1,07 | 0,9 | 0,74 | 1,86 | 2,47 | 2,45 | 2,46 | 1,64 | 2,24 | 2,22 | 2,22 |
| STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STTrRG: Su | | | | | | | | | | | | | |

Sumber : Bina Marga, Pd T-14-2003



Gambar 2.8 Sistem perencanaan perkerasan beton semen. (Bina Marga. Pd T-14- 2003)

2.6.2 Perencanaan tebal lapis perkerasan beton semen

- 1) Lapis tambahan perkerasan beton semen dengan lapis pemisah

$$Tr = \sqrt{(T^2 - Cs.T_0^2)} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana,

Tr : Tebal lapis tambahan

- T : Tebal perlu berdasarkan beban rencana dan daya dukung tanah dasar dan lapis pondasi bawah dari jalan sesuai dengan cara yang telah diuraikan
- T_0 : Tebal pelat lama (yang ada)
- Cs : Koefisien yang menyatakan kondisi pelat lama yang nilainya =
 Cs = 1, kondisi struktur perkerasan lama baik
 Cs = 0,75, kondisi perkerasan lama maupun baru retak awal pada sudut-sudut sambungan
 Cs = 0,35, kondisi perkerasan lama secara struktur telah rusak

2) Lapis tambahan langsung

$$Tr = \sqrt[1.4]{T^{1.4} - Cs \cdot T_0^{1.4}} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana,

- Tr : Tebal lapis tambahan
- T : Tebal perlu berdasarkan beban rencana dan daya dukung tanah dasar dan lapis pondasi bawah dari jalan sesuai dengan cara yang telah diuraikan
- T_0 : Tebal pelat lama (yang ada)
- Cs : Koefisien yang menyatakan kondisi pelat lama yang nilainya =
 Cs = 1, kondisi struktur perkerasan lama baik
 Cs = 0,75, kondisi perkerasan lama maupun baru retak awal pada sudut-sudut sambungan
 Cs = 0,35, kondisi perkerasan lama secara struktur telah rusak

3) Lapis tambahan perkerasan beton aspal di atas perkerasan beton semen

$$Tr = T - Te \dots\dots\dots (10)$$

Dimana,

- Tr : Tebal lapis tambahan
- T : Tebal perlu berdasarkan beban rencana dan daya dukung tanah dasar dan lapis pondasi bawah dari jalan sesuai dengan cara yang telah diuraikan
- Te : Tebal efektif perkerasan lama

Tebal lapis perkerasan lentur yang diletakkan langsung di atas perkerasan beton semen dianjurkan minimum 100 mm. Apabila tebal lapisan tambahan lebih dari 180 mm, konstruksi lapis tambahan dapat menggunakan lapisan peredam retak sebagai mana terlihat pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Lapisan peredam retak pada sistem pelapisan tambahan. (Bina Marga. Pd T-14- 2003)

Dimana,

1. Beton aspal sebagai lapisan aus
2. Beton aspal sebagai lapis perata
3. Beton aspal sebagai lapisan peredam retak
4. Perkerasan beton semen lama (yang ada)
5. Tanah dasar

2.6.3 Perencanaan Tulangan

Perencanaan tulangan merupakan suatu kegiatan penambahan besi tulangan pada perkerasan jalan beton semen yang berguna meningkatkan kekuatan tekan, tarik, serta lentur beton.

Tujuan utama penulangan pada perkerasan jalan beton semen adalah :

- Membatasi lebar retakan, supaya kekuatan pelat masih dapat dipertahankan,
- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan,
- Mengurangi biaya pemeliharaan.

Berdasarkan Cur Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Seri 4 (1993), maka untuk diameter batang tulangan pelat dapat dilihat pada tabel **Tabel 2.9**.

Tabel 2.9 Jarak dan Diameter Tulangan Pelat.

| Jarak (mm) | Diameter Tulangan Pelat | | | | | | | |
|---------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 19 | 20 |
| 50 | 565 | 1005 | 1571 | 2262 | 3079 | 4022 | 5671 | 6284 |
| 75 | 377 | 670 | 1047 | 1508 | 2053 | 2681 | 3780 | 4189 |
| 100 | 283 | 503 | 785 | 1131 | 1539 | 2011 | 2835 | 3142 |
| 125 | 226 | 402 | 628 | 905 | 1232 | 1608 | 2268 | 2513 |
| 150 | 189 | 335 | 524 | 754 | 1026 | 1340 | 1890 | 2094 |
| 175 | 162 | 287 | 449 | 646 | 880 | 1149 | 1620 | 1795 |
| 200 | 141 | 251 | 393 | 565 | 770 | 1005 | 1418 | 1571 |
| 225 | 126 | 223 | 349 | 503 | 684 | 894 | 1260 | 1396 |
| 250 | 113 | 201 | 314 | 452 | 616 | 804 | 1134 | 1257 |
| 300 | 95 | 168 | 262 | 377 | 513 | 670 | 945 | 1047 |
| 350 | 81 | 144 | 225 | 323 | 440 | 575 | 810 | 898 |
| 400 | 71 | 126 | 197 | 283 | 385 | 503 | 709 | 785 |
| 450 | 63 | 112 | 175 | 252 | 342 | 447 | 630 | 698 |

Sumber : Cur Grafik & Tabel Perhitungan Beton Bertulang Seri 4, 1993

Mengacu pada pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 untuk ukuran dan berat tulangan polos anyaman las dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Ukuran dan berat tulangan polos anyaman las

| Tulangan Memanjang | | Tulangan Melintang | | Luas Penampang | | Berat per Satuan Luas |
|-----------------------|-------|--------------------|-------|----------------|-----------|-----------------------|
| Diameter | Jarak | Diameter | Jarak | Memanjang | Melintang | |
| (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm2/m) | (mm2/m) | |
| Empat persegi panjang | | | | | | |
| 12,5 | 100 | 8 | 200 | 1227 | 251 | 11,606 |
| 11,2 | 100 | 8 | 200 | 986 | 251 | 9,707 |
| 10 | 100 | 8 | 200 | 785 | 251 | 8,138 |
| 9 | 100 | 8 | 200 | 636 | 251 | 6,967 |
| 8 | 100 | 8 | 200 | 503 | 251 | 5,919 |
| 7,1 | 100 | 8 | 200 | 396 | 251 | 5,091 |
| 9 | 200 | 8 | 250 | 318 | 201 | 4,076 |
| 8 | 200 | 8 | 250 | 251 | 201 | 3,552 |

Tabel 2.10 (lanjutan)

| Tulangan Memanjang | | Tulangan Melintang | | Luas Penampang | | Berat per Satuan Luas |
|--------------------|-------|--------------------|-------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Diameter | Jarak | Diameter | Jarak | Memanjang | Melintang | |
| (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm ² /m) | (mm ² /m) | (kg/m ²) |
| Bujur sangkar | | | | | | |
| 8 | 100 | 8 | 100 | 503 | 503 | 7,892 |
| 10 | 200 | 10 | 200 | 393 | 393 | 6,165 |
| 9 | 200 | 9 | 200 | 318 | 318 | 4,994 |
| 8 | 200 | 8 | 200 | 251 | 251 | 3,946 |
| 7,1 | 200 | 7,1 | 200 | 198 | 198 | 3,108 |
| 6,3 | 200 | 6,3 | 200 | 156 | 156 | 2,447 |
| 5 | 200 | 5 | 200 | 98 | 98 | 1,542 |
| 4 | 200 | 4 | 200 | 63 | 63 | 0,987 |

Sumber : Bina Marga, Pd-T-14-2003

2.6.3.1 Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, terjadi kemungkinan dilakukan pemasangan tulangan untuk menghindari adanya retakan. Penerapan tulangan pada umumnya dilaksanakan pada :

- Pelat dengan bentuk tak lazim, disebut tak lazim jika perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25 atau jika pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang
- Pelat dengan sambungan tidak sejajar
- Pelat berlubang

2.6.3.2 Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan (8) :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana,

A_s : Luas penampang tulangan baja (mm²/m lebar pelat)

f_s : Kuat tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh

- g : Gravitasi (m/detik^2)
- h : Tebal pelat beton (m)
- L : Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/ atau tepi batas pelat (m)
- M : Berat per satuan bolume pelat (kg/m^3)
- μ : koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah sebagaimana pada Tabel 2.5

Perencanaan bahwa antara pelat dengan pondasi bawah tidak ada ikatan.

Jenis pemecah ikatan dan koefisien gesek dapat dilihat pada **Tabel 2.11**.

Tabel 2.11 Nilai koefisien gesekan.

| No. | Lapis Pemecah Ikatan | Koefisien Gesekan (μ) |
|-----|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Lapis pemecah ikat aspal di atas pondasi bawah | 1,0 |
| 2 | Laburan parafin tipis pemecah ikat | 1,5 |
| 3 | Karet kompon (<i>a chlorinated rubber curing compound</i>) | 2,0 |

Sumber : Bina Marga. Pd T-14-2003

2.6.3.3 Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

1) Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dengan persamaan (9)

$$P_s = \frac{100.f_{ct}.(1,3-0,2\mu)}{f_y-n.f_{ct}} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana,

- P_s : Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)
- f_{ct} : Kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5.f_{ct})$ (kg/cm^2)
- f_y : Tegangan leleh rencana baja (kg/cm^2)
- n : Angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c) atau dapat dilihat pada Tabel 2.6.
- μ : Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

- Es : Modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)
 Ec : Modulus elastisitas beton = $1485\sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)

Hubungan kuat tekan beton dan angka ekivalen baja terhadap beton dapat dilihat pada **Tabel 2.12**.

Tabel 2.12 Hubungan kuat tekan beton dan angka ekivalen baja dan beton (n).

| Baja f'c (kg/cm2) | Beton (n) |
|-------------------|-----------|
| 175 - 225 | 10 |
| 235 - 285 | 8 |
| 290 - ke atas | 6 |

Sumber : Bina Marga. Pd T-14-2003

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang perlu dipasang supaya jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dapat dihitung dengan persamaan (10)

$$L_{cr} = \frac{f_c r^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (\epsilon_s E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana,

- L_{cr} : Jarak teoritis antara retakan (cm)
 p : Perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas beton
 u : Perbandingan keliling terhadap luas tulangan = 4/d
 f_b : Tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97\sqrt{f'_c})/d$ (kg/cm²)
 ε_s : Koefisien susut beton = $(400 \cdot 10^{-6})$
 f_{ct} : Kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5 f_{ct})$ (kg/cm²)
 n : Angka ekivalensi antara bajan dan beton = Es/Ec
 Ec : Modulus elastisitas beton = $1485\sqrt{f'_c}$ (kg/cm²)
 Es : Modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm²)

2) Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (A_{s0} yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dengan menggunakan persamaan (8), dengan rekomendasi :

- Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm
- Jarak maksimum tulangan dari sumbu ke sumbu 75 cm

3) Penempatan tulangan

Penempatan tulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. Tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

2.7 Rencana Anggaran Biaya

2.7.1 Pengertian Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tertentu.

Terdapat 2 cara dalam penyusunan anggaran biaya, yaitu :

- Anggaran biaya kasar (taksiran), yaitu penyusunan anggaran biaya dengan pedoman penggunaannya harga satuannya tiap meter persegi luas lantai. Anggaran biaya kasar dapat juga digunakan sebagai pedoman dalam penyusunan RAB yang dihitung secara teliti.
- Anggaran biaya teliti, yaitu penyusunan anggaran biaya dengan pedoman penggunaannya proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya.

2.7.2 Tujuan dan Fungsi Rencana Anggaran Biaya

Tujuan utama dalam merencanakan suatu anggaran biaya terutama pada proyek konstruksi adalah untuk mengetahui harga per bagian/ item pada pekerjaan sebagai pedoman untuk mengeluarkan biaya-biaya dalam masa pelaksanaan.

Selain itu supaya konstruksi yang didirikan dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

Selain itu fungsi dari rencana anggaran biaya merupakan sebagai pedoman pekerjaan dan sebagai alat bukti pengontrol pelaksanaan pekerjaan.

2.7.3 Analisa Harga Satuan Dasar (HSD)

Komponen untuk menyusun harga satuan pekerjaan (HSP) memerlukan HSD tenaga kerja, HSD alat, dan HSD bahan. Dalam penyusunan harga satuan pekerjaan dibutuhkan langkah-langkah perhitungan yang tepat supaya kegiatan perencanaan anggaran biaya dapat dilakukan secara efektif dan efisien.

Langkah-langkah perhitungan HSD dapat dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Kementrian Pekerjaan Umum, yaitu :

1) Perhitungan HSD tenaga kerja

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan perlu ditetapkan dahulu bahan rujukan harga standar untuk upah sebagai HSD tenaga kerja. Langkah perhitungan HSD tenaga kerja adalah :

- Tentukan jenis ketrampilan tenaga kerja, misal pekerja (P), tukang, (Tk), mandor (M), atau kepala tukang (K Tk)
- Kumpulkan data upah yang sesuai dengan peraturan daerah (Gubernur, Walikota, Bupati) setempat, data upah hasil survai di lokasi yang berdekatan dan berlaku untuk daerah tempat lokasi pekerjaan yang dilaksanakan
- Perhitungan tenaga kerja yang didatangkan dari luar daerah memperhitungkan biaya makan, menginap, dan transport
- Tentukan jumlah hari efektif kerja selama satu bulan (24-26 hari) dan jumlah jam efektif dalam satu hari (7 jam)
- Hitung biaya upah masing-masing per jam orang
- Rata-ratakan seluruh biaya upah per jam sebagai upah rata-rata per jam

2) Perhitungan HSD alat

Analisa HSD alat memerlukan data upah operator atau sopir, spesifikasi alat yang meliputi tenaga mesin, kapasitas kerja alat (m^3), umur ekonomis alat (dari pabrik pembuat), jam kerja dalam satu tahun, dan harga alat. Faktor lain yang diperlukan dalam perhitungan HSD alat adalah komponen investasi alat yang meliputi suku bunga bank, asuransi alat, faktor alat yang spesifik seperti faktor *bucket* untuk *Excavator*, harga perolehan alat, dan *Loader*, dan lain-lain.

3) Perhitungan HSD bahan

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan perlu ditetapkan dahulu rujukan harga standar bahan atau HSD bahan per satuan pengukuran standar.

Analisa HSD bahan memerlukan data harga satuan bahan baku, serta biaya transportasi dan biaya biaya produksi bahan baku menjadi bahan olahan atau bahan jadi. Produksi bahan memerlukan alat yang mungkin lebih dari satu alat. Setiap alat dihitung kapasitas produksinya dalam satuan pengukuran per jam dengan cara memasukkan data kapasitas alat, faktor efisiensi alat, faktor lain dan waktu siklus masing-masing. HSD bahan terdiri atas harga bahan baku atau HSD bahan baku, HSD bahan olahan, dan HSD bahan jadi. Perhitungan harga satuan dasar bahan yang diambil dari *quarry* dapat menjadi dua macam, yaitu berupa bahan baku (batu kali/ gunung, pasir sungai/ gunung dll), dan berupa bahan olahan (misalnya agregat kasar dan halus hasil dari produksi pemecah batu dan lainnya).

Harga bahan di *quarry* berbeda dengan harga bahan yang dikirim ke *base camp* atau tempat pekerjaan, dikarenakan perlu biaya tambahan berupa biaya pengangkutan material dan *quarry* ke *base camp*.